



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Piotr Gradziuk

Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej

POTENCJAŁ I PROGNOZY WYKORZYSTANIA BIOGAZU ROLNICZEGO W POLSCE

POTENTIAL AND FORECAST FOR USE OF AGRICULTURAL BIOGAS IN POLAND

Słowa kluczowe: energia odnawialna, biogaz, prognozowanie, modelowanie

Key words: renewable energy sources, biogas, forecasting, modeling

JEL codes: Q42, Q47

Abstrakt. Celem podjętych badań było określenie zmian oraz dynamiki rozwoju sektora biogazu w Polsce. Na podstawie opracowanych modeli tendencji rozwojowych, które charakteryzowały się zdolnością wyjaśniania opisywanych zjawisk, przedstawiono prognozy pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych w Polsce do 2030 roku. Z przedstawionych badań wynika, że do 2030 roku udział tego sektora w wytwarzaniu energii ze źródeł odnawialnych ulegnie podwojeniu.

Wstęp

Preferowanym kierunkiem rozwoju wykorzystania OZE jest generacja rozproszona oraz zwiększenie udziału wykorzystania produktów ubocznych i odpadów organicznych głównie do wytwarzania biogazu lub biopaliw kolejnych generacji. Stwarza to ogromne szanse dla rolnictwa. Według Václava Smila [1999], więcej niż połowa produkcji globalnej wytwarzanej w tym sektorze to produkty uboczne, stąd też stwierdzenie, że „rolnictwo jest przedsięwzięciem polegającym na produkcji w większości nienadającej się na spożycie masy roślinnej”. Celowość ich zagospodarowania uzasadnia też prezentowany m.in. przez Harolda Barnetta i Chandlera Morse'a [1968] pogląd, że korzystanie z zasobów odnawialnych w mniejszym stopniu niż byłoby to możliwe jest podwójnym marnotrawstwem. „Jeżeli nie zużywa się tego, co daje stale natura, jest to marnotrawstwo w sensie elementarnym (...) Drugim typem marnotrawstwa jest nieosiągnięcie maksymalnej ilości pożytecznych surowców z odnawialnych zasobów naturalnych”. Zagadnienie to staje się szczególnie ważne wobec uwarunkowań wynikających z polityki energetycznej Unii Europejskiej (UE). Postulowana w europejskim programie ramowym „Horizont 2020” i zaakceptowana przez Parlament Europejski [COM(2012)0595–C7-0337/2012–2012/0288(COD) 2013] oraz Europejski Komitet Ekonomiczno-Społeczny [*Opinia...* 2014] nowelizacja dyrektywy 2009/28/WE ma na celu zwiększenie udziału wykorzystania produktów ubocznych, m.in. z rolnictwa, na cele energetyczne.

Takie warunki spełnia produkcja biogazu, szczególnie z odchodów zwierzęcych, obornika i odpadów organicznych, których niekontrolowany rozkład jest poważnym źródłem emisji metanu. Głównym celem funkcjonowania biogazowni powinna być utylizacja uciążliwych dla środowiska substancji, w tym także odpadów z przemysłu mięsnego, mleczarskiego, zakładów zbiorowego żywienia, przeterminowanej żywności i pasz oraz wielu innych substratów, dla których alternatywny sposób zagospodarowania jest bardziej kosztowny i uciążliwy dla środowiska. Powstała przy tym energia należy traktować jako efekt dodatkowy, otrzymany „przy okazji”. Przy czym dla poprawy efektywności procesu technologicznego może zachodzić konieczność uzupełnienia takiego wsadu substratami o wyższej wartości energetycznej, np. kiszunkami. O randze tego źródła energii świadczą zapisy w przyjętym przez Radę Ministrów w 2010 roku

dokumencie *Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020* [URM 2010]. Ich realizacja wpłynęłaby na dywersyfikację dostaw gazu, którego realnie dostępny potencjał wynosi 1,4 Mtoe rocznie, tj. ponad 10% krajowego zużycia i mógłby w całości zaspokoić potrzeby odbiorców z terenów wiejskich.

Celem głównym podjętych badań było określenie zmian oraz dynamiki rozwoju tego sektora energetyki w Polsce wraz z prognozą do 2030 roku. W przeprowadzonej analizie rozpoznano także dostępność substratów do produkcji biogazu oraz strukturę ich dotychczasowego wykorzystania.

Material i metodyka badań

W opracowaniu zbudowano i poddano szczegółowej weryfikacji modele tendencji rozwojowej produkcji energii pierwotnej w biogazowniach, a także przedstawiono prognozy na lata 2016-2030. Przeprowadzone symulacje wykonano na podstawie historycznych trendów (2003-2015) z zachowaniem zasady *ceteris paribus*. W pierwszej fazie budowania modeli trendu szacowano parametry modeli liniowych oraz nieliniowych (kwadratowych i sześciennych), a następnie wybierano model o najwyższym współczynniku determinacji, pod warunkiem, że wszystkie parametry modelu były istotne statystycznie. Następnie wybrany model poddawano dalszej weryfikacji w celu określenia (i potwierdzenia) jego jakości. W przypadku zmiennych, dla których nie udało się zbudować zadowalających modeli trendu, wykonano dodatkowo testy weryfikując hipotezę o tym, czy zmienne te są realizacją procesu losowego. Informacje dotyczące produkcji energii uzyskano z bazy danych EUROSTAT). Zakres badań obejmował lata 2003- 2015.

Wyniki badań

Biogaz może być pozyskiwany z wysypisk, oczyszczalni ścieków lub biogazowni rolniczych. Potencjał produkcyjny biogazu z odpadów komunalnych, przemysłowych i wysypisk oszacowany został na około 0,796 mld m³/rok [Biernat i in. 2012] i w 2015 roku wykorzystywany był w zaledwie 12%. Dla biogazu z oczyszczalni ścieków wielkości te wynosiły odpowiednio 0,0969 mld m³/rok i 76%. Dużo większe możliwości wytwarzania tego paliwa występują w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym. Według Edwarda Majewskiego i współpracowników [2016] potencjał organizacyjno-techniczny biogazu wytwarzanego tylko z nawozów naturalnych, w zależności od przyjętego wariantu parametrów technologicznych zawiera się w granicach od 479,6 do 1 214,7 mln m³/rok. Ponadto w biogazowniach rolniczych mogą być wykorzystywane kosubstraty z przemysłu spożywczego i odpady komunalne (379, 3 mln m³) oraz produkcja z upraw celowych (2805 mln m³, w przypadku przeznaczenia na ten cel zbiorów kukurydzy z powierzchni 300 tys. ha).

Pod względem zużywanych substratów można wyróżnić trzy typy biogazowni. W pierwszym z nich wykorzystywana jest gnojowica i obornik, w drugim typie bazę stanowią produkty uboczne z przemysłu rolno-pożywczego (wywar, wysłodki, pozostałości z przetwórstwa warzyw i owoców). Głównym celem ich funkcjonowania jest utylizacja uciążliwych dla środowiska substancji, w tym także odpadów z przemysłu mięsnego, mleczarskiego, zakładów zbiorowego żywienia, przeterminowanej żywności i pasz oraz wielu innych substratów, dla których alternatywny sposób zagospodarowania jest bardziej kosztowny i uciążliwy dla środowiska (tab. 1). Powstałą przy tym energię należy traktować jako efekt dodatkowy, otrzymany „przy okazji”. Przy czym dla poprawy efektywności procesu technologicznego może zachodzić konieczność uzupełnienia takiego wsadu kiszonką. W trzeciej grupie biogazowni podstawowe substraty pozyskiwane są z celowych upraw polowych lub użytków zielonych, dlatego też rentowność takich biogazowni uzależniona jest od koniunktury na płody rolne. O randze tego źródła energii świadczą zapisy w przyjętym przez Radę Ministrów w 2010 roku w dokumencie *Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020* [URM 2010]. Ich realizacja wpłynęłaby na dywersyfikację dostaw gazu, którego realnie dostępny potencjał wynosi 1,7 mld m³ rocznie, tj. ponad 10% krajowego zużycia i mógłby w całości zaspokoić potrzeby odbiorców z terenów wiejskich lub też po standaryzacji i skropleniu służyć do napędu silników spalinowych.

Tabela 1. Surowce zużyte do produkcji biogazu rolniczego w latach 2011-2016
 Table 1. Raw materials used for the production of agricultural biogas in 2011-2016

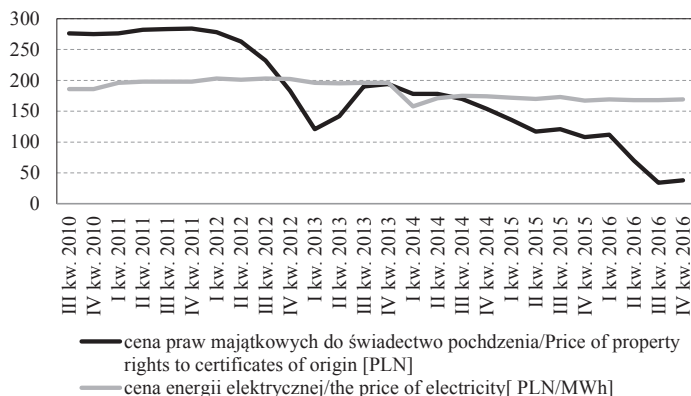
Rodzaj substratu/Type of substrate	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	tys. t/ thousands. t	%	tys. t/ thousands. t	%	tys. t/ thousands. t	%	tys. t/ thousands. t	%	tys. t/ thousands. t	%	tys. t/ thousands. t	%
Gnojowica/Slurry	266	56,7	349	38,1	456	29,0	574	27,0	599	24,1	775	24,0
Pozostałości z warzyw i owoców/Remains of vegetables and fruits	11	2,3	86	9,4	269	17,1	356	16,7	494	19,9	665	20,6
Wywar pogorzelniany/Decayed decay	30	6,4	147	16,0	355	22,6	349	16,4	440	17,7	476	14,8
Kiszzonka z kukurydzy/Corn silage	109	23,2	241	26,3	287	18,2	416	19,6	415	16,7	439	13,6
Wysłodki/Pulp	7	1,5	37	4,0	102	6,5	190	8,9	189	7,6	222	6,9
Osady technologiczne z przemysłu rolno-spożywcze/ Technology settlements from the agro-food industry	6	1,3	8	0,9	14	0,9	17	0,8	61	2,5	125	3,9
Odpady z przemysłu mleczarskiego/Waste from the dairy industry	2	0,4	13	1,4	13	0,8	21	1,0	48	1,9	89	2,8
Obornik/Manure	12	2,6	23	2,5	30	1,9	37	1,7	45	1,8	86	2,7
Zielonka/Green mass	13	2,8	2	0,2	2	0,1	8	0,4	18	0,7	57	1,8
Odpadowa masa roślinna/Waste vegetable mass	2	0,4	2	0,2	2	0,1	9	0,4	7	0,3	33	1,0
Odpady z przetwórstwa spożywczego/Waste from food processing	1	0,2	2	0,2	4	0,3	8	0,4	22	0,9	30	0,9
Przetriminowana żywność/Past-due food	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	0,2	10	0,4	29	0,9
Pozostałe/Other	10	2,1	7	0,8	40	2,5	137	6,4	136	5,5	198	6,1
Razem/Total	469	100,0	917	100,0	1574	100,0	2126	100,0	2484	100,0	3224	100,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych w Agencji Rynku Rolnego
 Source: own study based on information obtained from the Agricultural Market Agency

Rysunek 1. Ceny praw majątkowych do świadectw pochodzenia oraz energii elektrycznej w latach 2010-2016

Figure 1. Prices of certificates of origin and electric energy in the years 2010-2016

Źródło: dane URE i TGE
Source: The Energy Regulatory Office and the Power Exchange data



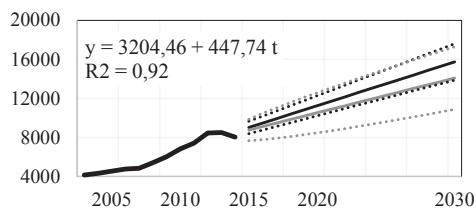
Pomimo znaczącego potencjału surowcowego w Polsce w 2016 roku łączna moc zainstalowanych elektrowni wykorzystujących biogaz wynosiła 187 MW_e, w tym 101 MW_e w biogazowniach rolniczych, podczas gdy w Niemczech było to odpowiednio 3905 i 3596 MW_e. Na podstawie tego porównania można wnosić, że te zasoby ulokowane są w rolnictwie, co zostało potwierdzone znaczącym wzrostem mocy wytwórczych (jedenastokrotnie) i produkcji energii elektrycznej (ośmiokrotnie) w stosunku do 2010 roku. W całym sektorze biogazowym przyrost był dwukrotny. Według stanu

Tabela 2. Parametry modeli trendów oraz procesów autoregresyjnych (ARIMA)

Table 2. Parameters of the linear trend models and of the auto-regressive process (ARIMA)

Estymator/ Estimator	Błąd standardowy/ Standard error	Statystyka t/ t-Statistic	Wartość p/ Probability
(Y ₁)			
1	3204,46	283,293	11,3115
t	447,74	38,4919	11,6321
(Y ₂)			
1	42,1783	2,49935	16,8757
t ²	1,17225	0,0351389	33,3604
α ₁	-0,550456	0,241005	-2,28401

Źródło: opracowanie własne
Source: own study

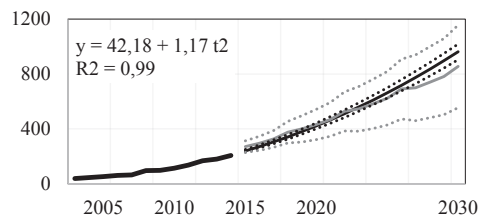


—energia odnawialna/renewable sources
—trend liniowy/linear trend
—ARIMA

Rysunek 2. Prognoza punktowa i przedziałowa pozyskania energii odnawialnej w Polsce na podstawie trendu i modelu ARIMA

Figure 2. Point and interval forecast production of energy from renewable sources in Poland on the basis of trend and ARIMA model

Źródło: opracowanie własne
Source: own study



—biogaz/biogas
—trend kwadratowy/quadratic trend
—ARIMA

Rysunek 3. Prognoza punktowa i przedziałowa pozyskania biogazu w Polsce na podstawie trendu i modelu ARIMA

Figure 3. Point and interval forecast production of biogas in Poland on the basis of trend and ARIMA model

Źródło: opracowanie własne
Source: own study

Tabela 3. Prognoza punktowa i przedziałowa pozyskania energii odnawialnej w UE na podstawie trendu i modelu ARIMA (tys. toe);
 Table 3. Point and interval forecast production of energy from renewable sources in EU on the basis of trend and ARIMA model

Lata/ Years	Energia odnawialna [tys. t]/Renewable energies [thous. toe]			Biogaz [tys. t]/Biogas [thous. toe]								
	prognoza punktowa/ point forecast		prognoza przedziałowa/interval forecast	prognoza punktowa/ point forecast		prognoza przedziałowa/interval forecast						
	trend/ tendencja	ARIMA	trend/ tendencja	ARIMA	trend/tendencja	ARIMA						
2016	9 472,8	9 119,2	8 764,7	10 180,9	7 771,7	10 466,7	271,9	295,2	260,3	283,6	243,0	347,5
2017	9 920,6	9 474,2	9 133,7	10 707,4	7 918,2	11 030,1	305,9	328,0	292,1	319,8	267,1	389,0
2018	10 368,3	9 829,1	9 501,4	11 235,2	8 089,5	11 568,7	342,3	376,6	326,1	358,5	297,8	455,5
2019	10 816,0	10 184,1	9 868,1	11 764,0	8 278,4	12 089,7	381,0	400,9	362,2	399,7	305,1	496,8
2020	11 263,8	10 539,0	10 234,0	12 293,6	8 480,7	12 597,3	422,0	431,5	400,6	443,4	321,3	541,7
2021	11 711,5	10 894,0	10 599,3	12 823,7	8 693,5	13 094,4	465,4	469,4	441,1	489,7	346,5	592,3
2022	12 159,3	11 248,9	10 964,2	13 354,4	8 915,0	13 582,8	511,1	528,2	483,8	538,4	385,6	670,8
2023	12 607,0	11 603,9	11 328,7	13 885,4	9 143,7	14 064	559,1	546,1	528,6	589,6	384,0	708,1
2024	13 054,7	11 958,8	11 692,8	14 416,7	9 378,6	14 539,1	609,6	582,3	575,7	643,4	402,9	761,7
2025	13 502,5	12 313,7	12 056,7	14 948,3	9 618,8	15 008,7	662,3	623,3	624,9	699,6	428,1	818,5
2026	13 950,2	12 668,7	12 420,4	15 480,0	9 863,7	15 473,7	717,4	690,2	676,4	758,4	473,2	907,1
2027	14 398,0	13 023,6	12 783,9	16 012,0	10 112,7	15 934,6	774,8	699,7	730,0	819,7	461,1	938,2
2028	14 845,7	13 378,6	13 147,3	16 544,1	10 365,5	16 391,7	834,6	739,5	785,8	883,4	481,0	997,9
2029	15 293,4	13 733,5	13 510,5	17 076,4	10 621,6	16 845,4	896,7	781,6	843,8	949,7	504,7	1 058,4
2030	15 741,2	14 088,5	13 873,6	17 608,8	10 880,8	17 296,1	961,2	854,6	904,0	1 018,5	554,1	1 155,1

Źródło: opracowanie własne
 Source: own study

na 16 maja 2017 roku do rejestru prowadzonego przez Prezesa Agencji Rynku Rolnego (ARR) wpisanych było już 95 biogazowni rolniczych o łącznej wydajności biogazu wynoszącej 387,3 mln m³/rok i mocy 101,0 MW_e. Jednak dalszy rozwój tej branży uzależniony jest od poziomu wsparcia. Obowiązujący do 2016 roku system (głównie prawa majątkowe do świadectw pochodzenia), szczególnie w latach 2014–2016 okazał się nieskuteczny (rys. 1) i większość biogazowni generowała straty. Stąd też wytworzona energia elektryczna i ciepło z biogazu w 2015 roku była o połowę niższa od założonej w *Polityce energetycznej Polski do roku 2030* [MG 2009]. Dlatego w znowelizowanej w czerwcu 2016 roku ustawie o OZE wprowadzono zapisy, których celem jest stworzenie odrębnego systemu wsparcia do wytwarzania energii elektrycznej w biogazowniach rolniczych (m.in. gwarancji minimalnej ceny referencyjnej oraz odrębnego systemu aukcyjnego).

Spośród państw UE biogaz największe znaczenie ma w Niemczech i Wielkiej Brytanii, jego udział w strukturze pozyskania energii ze źródeł odnawialnych wynosił około 20% i był dwukrotnie wyższy od energetyki wodnej. W Polsce, pomimo że wykorzystanie biogazu w latach 2010–2015 zwiększyło się dwukrotnie, z 115 do 230 tys. toe, to jego udział w strukturze pozyskania energii odnawialnej wyniósł 3,1% [GUS 2016]. Na podstawie danych empirycznych zbudowano trendy liniowe lub nieliniowe o istotnych statystycznie współczynnikach dla wytworzonej energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych ogółem (Y_1) i biogazu (Y_2). Ich parametry zestawiono w tabeli 2.

Dla energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych ogółem (Y_1), zbudowano trend liniowy. Model ten był dopasowany do zjawiska w 92% i wskazywał na istotną tendencję wzrostową (współczynnik kierunkowy trendu wyniósł 447,7 tys. toe). Na podstawie oszacowanego modelu trendu obliczono prognozę punktową i przedziałową – z 95-procentowym przedziałem ufności do 2030 roku. W tabeli 3 i na rysunku 2 przedstawiono także prognozę dla górnej i dolnej granicy przedziału ufności, które uznano za wersje optymistyczną i pesymistyczną. Z przedstawionej prognozy, opracowanej na podstawie modelu trendu liniowego, wynika, że do 2030 roku w Polsce nastąpi znaczący wzrost pozyska energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych. W zależności od przyjętej wersji wyniesie on od 40,0 do 72,9%.

Najlepiej dopasowanym modelem dla energii pierwotnej pozyskiwanej z biogazu (Y_2), okazała się funkcja kwadratowa, z elementem autoregresyjnym dla procesu resztowego – SARIMA (0,1,1) (0,2,0)₄. Model ten jest dopasowany do zjawiska w 99%, a jego trend charakteryzuje się znacznie wyższą dynamiką wzrostu (rys. 3) niż pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych ogółem.

Zaobserwowane tak znaczące wzrosty produkcji biogazu potwierdzają prezentowaną w wielu opracowaniach tezę, że głównym źródłem energii odnawialnej będą produkty uboczne z rolnictwa [Smil 1999], a w nieodległym horyzoncie czasowym także energetyka słoneczna [Renewable... 2015, Rosołek 2013].

Modele trendu, jako wielomiany n -tego stopnia są dopasowywane parametrami do aktualnych obserwacji, co pozwala z bardzo dużym poziomem ufności prognozować punkty leżące pomiędzy pierwszą i ostatnią obserwacją. Zazwyczaj jednak wielomiany stopnia 2 i wyższych bardzo szybko rosną (lub maleją), co skutkuje tym, że prognozy na dłuższe okresy czasu mogą być znacząco zawyżone lub zaniżone, chociaż są zjawiska, które przyrastają w takim tempie. W przeprowadzonych badaniach modele trendu były wybierane spośród trzech: liniowego, kwadratowego i sześciennego, tylko na podstawie ich dopasowania do danych mierzonych skorygowanym współczynnikiem determinacji R-kwadrat. Z kolei w modelach z rodziny ARIMA wprowadzana była korekta kolejnych prognoz na podstawie poprzednich obserwacji. Stąd też w przypadku trendów nieliniowych (dla zmiennej Y_2) wystąpiły tak znaczące różnice w prognozach sporządzonych na podstawie trendów i modeli ARIMA (tab. 3).

Podsumowanie

Jednym z głównych priorytetów rozwoju energetyki w najbliższych latach zarówno w UE, jak i w Polsce będzie rozwój generacji rozproszonej. Za jeden z najbardziej przyszłościowych kierunków generacji rozproszonej wśród OZE uznaje się produkcję biogazu rolniczego. W dyrektywie 2009/28/

WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, podkreślono, że „wykorzystanie surowców rolnych, takich jak nawóz pochodzenia zwierzęcego czy mokry obornik oraz innych odpadów zwierzęcych i organicznych do wytwarzania biogazu, dzięki wysokiemu potencjałowi oszczędności w emisji gazów cieplarnianych daje znaczne korzyści dla „środowiska zarówno przy wytwarzaniu energii ciepła i elektrycznej, jak i stosowaniu jako biopaliwo”. Instalacje na biogaz dzięki zdecentralizowanemu charakterowi i regionalnej strukturze inwestycyjnej mogą wnieść znaczący wkład w zrównoważony rozwój obszarów wiejskich i stwarzać nowe perspektywy dochodu dla rolników. Rozwój biogazowni uzależniony jest od rentowności ich funkcjonowania. Główną pozycję przychodów stanowią wpływy ze sprzedaży energii elektrycznej oraz praw majątkowych do świadectw pochodzenia (zielonych certyfikatów). O ile ceny energii elektrycznej były stabilne, o tyle wartość świadectw pochodzenia od 2014 roku znacząco spadła. Stąd też spadek przychodów o około 30%, co dla większości biogazowni oznaczało straty [Majewski i in. 2016]. Należy wnosić, że wprowadzane zmiany w ustawodawstwie polskim, a dotyczące odnawialnych źródeł energii szczególnie preferujące rozwój energetyki rozproszonej bazującej na technologiach, które nie wymagają utrzymywania tzw. „gorącej rezerwy” w systemie dyspozycji mocy, przyczynią się do znacznego wzrostu wykorzystania biogazu. Dobrym przykładem są Niemcy, gdzie dzięki polityce energetycznej preferującej m.in. rozwój biogazowni rolniczych, w latach 1999-2010 ich liczba wzrosła z 50 do 2 279 [Linke 2013].

Literatura/Bibliography

- Barnett Harold J., Chandler Morse. 1968. *Ekonomika zasobów naturalnych* (The economics of natural resources). Książka i Wiedza, Warszawa, s. 2-121.
- Biernat Krzysztof, Paulina Dziołak, Wojciech Gis, Andrzej Żółtowski. 2012. *The Baltic Biogas Foresight: Desk study on wider range of biogas production options and experiences including production potential scenarios for the Baltic Sea Region*. Warszawa: Baltic Biogas Bus European Project.
- EUROSTAT. <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=ten00081>, dostęp 27.03.2017.
- GUS. 2016. *Energia ze źródeł odnawialnych w 2015 r.* (Energy from renewable sources in 2015). Warszawa: GUS
- Linke Bernd. 2013. Country Report Germany, IEA Bioenergy Task 37. http://www.biogas.cn/UpLoadEditor/file/20140116/20140116162141_1930.pdf, dostęp 28.06.2017.
- Majewski Edward, Piotr Sulewski, Adam Wąs. 2016. *Potencjał i uwarunkowania produkcji biogazu rolniczego w Polsce* (Potential and conditions of agricultural biogas production in Poland). Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- MG (Ministerstwo Gospodarki). 2009. *Polityka energetyczna Polski do roku 2030* (Energy policy of Poland until 2030). Warszawa: Ministerstwo Gospodarki.
- Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie wniosku dotyczącego dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych* (Opinion of the European Economic and Social Committee on the Proposal for a Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources COM(2012) 595 final – 2012/0288 (COD) (2013/C 198/09).
- Renewable Energy. Not a toy. 2015. *The Economist* April 11-17 2015: 55-56.
- Rezolucja ustawodawcza Parlamentu Europejskiego z dnia 11 września 2013 r. w sprawie wniosku dotyczącego dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych*. COM(2012)0595–C7-0337/2012–2012/0288(COD) (European Parliament legislative resolution of 11 September 2013 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2009/28 / EC on the promotion of the use of energy from renewable sources).
- Rosolek Konrad A., Anna Santorska, Aneta Więcka. 2013. Polski rynek PV w liczbach (Polish PV market in numbers). *Czysta Energia* 10: 28-30.
- Smil Václav. 1999. Crop residues: agriculture's largest harvest. *BioScience* 49 (4): 299-308.
- URM (Urząd Rady Ministrów). 2010. *Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020* (Directions for the development of agricultural biogas plants in Poland in 2010-2020). Warszawa: Urząd Rady Ministrów.

Summary

The purpose of the research was to identify changes and dynamics of development of biogas sector in Poland. On the basis of developed models of development tendencies, which were characterized by the ability to explain the described phenomena, projections of renewable energy generation in Poland were presented up to 2030. From the presented research it is expected that by 2030 the share of this sector in the generation of renewable energy will be doubled.

Adres do korespondencji
dr hab. Piotr Gradziuk (orcid.org/0000-0003-0825-6281)
Państwowa Szkoła Wyzsza im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: p.gradziuk@dydaktyka.pswbp.pl